



TITLE:

温暖地における木造住宅の小屋裏  
温湿度形成に関する研究(  
Abstract\_要旨)

AUTHOR(S):

松岡, 大介

---

CITATION:

松岡, 大介. 温暖地における木造住宅の小屋裏温湿度形成に関する研究.  
京都大学, 2016, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2016-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19679>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	松岡大介
論文題目	温暖地における木造住宅の小屋裏温湿度形成に関する研究		
<p>（研究の要旨）</p> <p>本論文は、木造住宅の小屋裏野地における湿害（結露による腐朽）を抑制するために必要とされる換気口面積の算定指針を示すことを目的としている。軒裏換気方式を対象として小屋裏内温湿度の解析モデルを構築するために、埼玉県に建つ実験住宅において小屋裏温湿度の性状、小屋裏と外部および居室や通気層などの隣接空間との空気流量を把握するための実験を行い、熱水分解析モデルを作成し、それを用いて小屋裏構成部材の吸放湿量の影響などを定量的に評価している。さらに、それらの実験・解析により得られた知見を基に熱湿気・換気回路網モデルを構築し、適切な換気口面積の提示を行っている。それらの結果は以下のように6章にまとめられている。</p> <p>第1章は序論であり、研究背景、既往研究の内容、研究目的について述べている。</p> <p>第2章では、埼玉県越谷市に建つ平面3.64m×3.64mの1階建の実験住宅において冬期の実験を行い、小屋裏温湿度変化の基本性状を調べ、小屋裏絶対湿度は日射量の変化には時間遅れをもって、外部風の変化には即時に影響を受けること、野地板表面での結露は主として早朝の屋根表面温度の低下により起こることなどを明らかにしている。</p> <p>また、野地下部近傍の絶対湿度が野地中央部より高いこと、小屋裏空間絶対湿度が夜間に外気より低くなることなどの特徴を見出した。前者については野地下部の含水率が高いため、後者については夜間の野地・木材の吸湿によるためと推測した。</p> <p>さらに、小屋裏に連通している通気層からの空気流入による夜間の小屋裏低湿化について重回帰分析を行い、換気口と比較してその効果の寄与率が低いことを示している。</p> <p>第3章では、換気口や通気層を通して小屋裏へ流出入する空気の流量を把握するために、第2章の実験住宅において追加測定を行っている。また、別途気密箱とファンおよび熱線風量計を用いて、各部の測定風速と流量との関係式を実験室試験により求めている。試験結果より換気口の流入に関しては風向によって風速と通気量の関係式が異なることが分かったため、流出量を基準として小屋裏空間の流出入収支が0となるように換気口流入量を決めた。その結果、当実験住宅のように北風の頻度が多い立地条件では、通気層（南）における小屋裏へ流入する上昇流量：換気口へ流出する上昇流量：下降流量の割合は約5：1：4となった。通気層を上昇した空気の約2割が小屋裏換気に寄与しないため、換気口面積について検討するためには軒裏空間を小屋裏とは別な空間として考慮する必要があることを明らかにしている。</p> <p>さらに、この空気移動に伴う湿気移動量（除加湿量）を求めた。居室から小屋裏に流入する水蒸気量と換気による除湿量の関係から、第2章での「小屋裏絶対湿度が夜間に外気より低くなるのは、夜間に野地などの吸湿量が多くなるため」との推測が正しいことを確認するとともに、夜間の小屋裏低湿化への通気層寄与率を明らかにして</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	松岡 大介
<p>いる。また、居室から小屋裏への湿気移動に関しては、天井面の隙間からの移流に加えて、天井石膏ボードを透過し断熱材の継目を介して換気により流入する水蒸気の影響も無視できないことを示している。</p> <p>含水率測定により、第2章で推測した「野地下部（軒部）の含水率が中央部より高い」ことが確認された。外部温湿度、風向・風速変化と併せた解析により、下部（軒部）の含水率が高くなるのは、流入する外気に直接触れる場所であり、かつ湿潤となる外気条件の頻度が高かったためであることを明らかにしている。</p> <p>第4章では、熱湿気解析モデルを作成し、実験結果との比較によりその妥当性を検証している。解析モデルに天井断熱材と天井石膏ボードの間に空間（以下、天井空気層とする）を設け、天井空気層と小屋裏との間に適切な換気量を与えることにより、天井空気層の絶対湿度変動は実測値に良く一致し、第3章で見出した天井断熱材の隙間から小屋裏への湿気移流量が確認された。同時に計算された軒裏空間温湿度や野地、小屋裏内木材の含水率変動は実測値と良く一致し、作成されたモデルの妥当性が示された。</p> <p>このモデルを用いて、野地や木材の吸放湿を含めた小屋裏空間に対する除加湿量を算定し、日中の野地・木材の放湿量と換気による加湿量（排湿量）は強い相関関係にあること、一日のサイクルにおける小屋裏内木材の吸放湿量は南側および北側野地と同程度で影響は大きいこと、従って換気口面積を検討するモデルには小屋裏内木材を考慮する必要があることを明らかにしている。また、天井空気層からの湿気移流が他の要素と比較して大きいこと、従って天井断熱の施工状況（天井空気層と小屋裏との換気量）を考慮することが重要であることを示している。</p> <p>第5章では、第4章で構築した熱湿気解析モデルに換気回路網に基づく換気計算を組み込んだモデルを作成している。まず、換気計算に用いる外部風向としては、平均化時間が10秒より長くなると小屋裏換気の実態を捉えられず、10秒以下とする必要があることを示している。次に、実験で得られた2秒毎の風向・風速を用いて換気回路網を組み込んだモデルによる計算を行い、対象建物周辺の建込状況などに応じた適切な風圧係数を与えることにより、実測値と良く一致する換気口や通気層の流量を得ることができ、モデルの妥当性が示された。</p> <p>加えて、当実験住宅の仕様および実験期間中の気象に対して最適な換気口面積の検討を行い、換気口を均等に設けるなどの適切な設計をすれば、現在一般的に用いられている住宅金融支援機構の換気口面積の基準を大幅に減らせることを示している。</p> <p>第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

## (論文審査結果の要旨)

本論文は、木造住宅の小屋裏の温湿度性状および結露発生の実態、小屋裏と外部および居室や通気層などの隣接空間との空気流量、小屋裏構成部材による吸放湿量などを定量的に捉え、小屋裏空間の温湿度の形成メカニズムを把握した上で、地域の気候に適する換気口面積を検討するための解析モデルを構築することを目的とするものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 関東地方に建つ東西切妻屋根を持つ平面 3.64m×3.64mの平屋建て軒裏換気方式の実験住宅において冬期の実験を行い、小屋裏温湿度は日射量の変化に時間遅れをもって、外部風の変化には即時に影響を受けること、野地板での結露は主として早朝の屋根表面温度の低下により起こることを明らかにした。
2. 実験住宅の換気口や通気層を通して小屋裏に流れる空気の流量を詳細に測定するとともに、通気層や換気口における風速と流量の関係を実験室において測定し、これにより小屋裏に対する各部の除加湿効果を定量化した。夜間の通気層による小屋裏の除湿量は換気口によるものに比べて小さくないこと、当実験住宅のように北風の頻度が多い立地条件の場合には、南側通気層を上昇する空気流量の約2割が小屋裏換気に寄与しない場合があることから、換気口面積を検討する場合には軒裏空間を小屋裏とは別な空間として考慮する必要があることを明らかにした。また天井石膏ボードを透過した水蒸気が断熱材の継目を介して換気により小屋裏へ流入するが、その量は無視できないことを、居室から流入する水蒸気量と換気による除湿量の関係から明らかにした。
3. 熱湿気シミュレーションモデルを構築し、実測から得られた各経路の流出入空気量を用いて小屋裏の温湿度を計算した。野地を除く小屋裏を構成する木材の吸放湿量は野地によるものと同等で大きいこと、夜間は換気口より野地・木材の除湿効果の方が大きいことなどを明らかにした。
4. 熱湿気計算モデルに換気回路網計算を組み込み、各部の流量を同時に計算するモデルを構築した。これを用いて設計条件に応じた計算を行うことにより、適切な開口面積を決定することが可能となる。また、実験住宅および実験時の気象条件に対して湿害を起こさない換気口面積について検討し、換気口を均等に設けるなどの適切な設計をすれば、現在一般的となっている住宅金融支援機構の基準換気口面積を大幅に減じ得ることを示した。

本論文は、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成28年1月20日、論文内容とそれに関連した事項について諮問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。